

AMMASSI GLOBULARI... ALLA PORTATA DI TUTTI



Alessio Mucciarelli
(Universita' di Bologna)

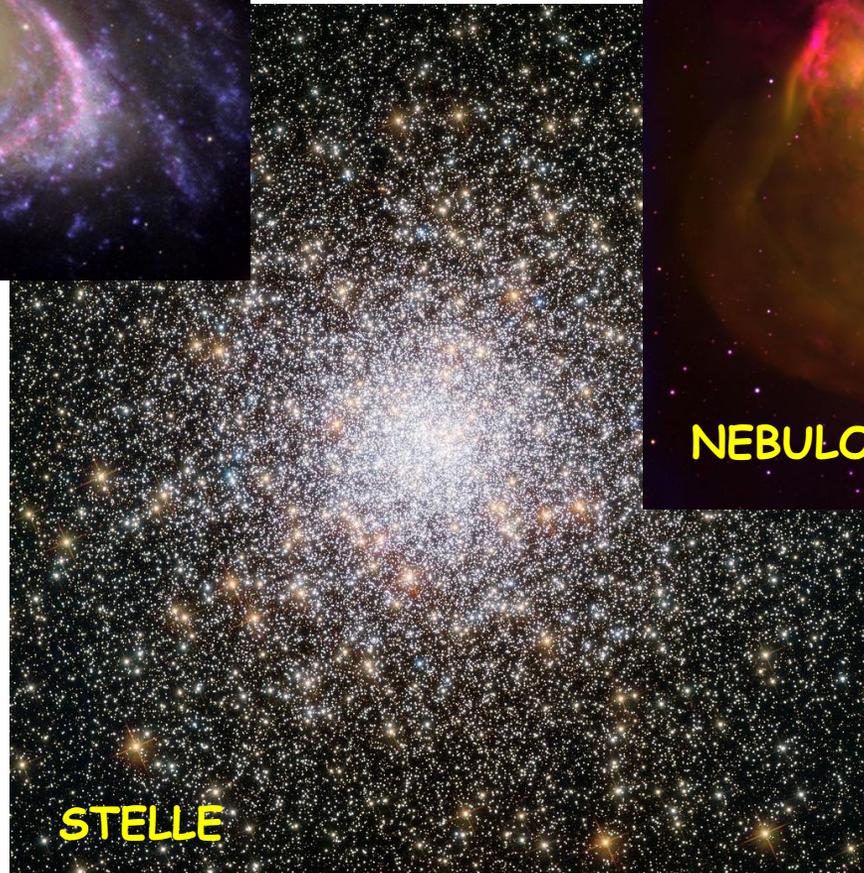
L'ASTRONOMIA E' VISIVAMENTE AFFASCINANTE



GALASSIE



NEBULOSE

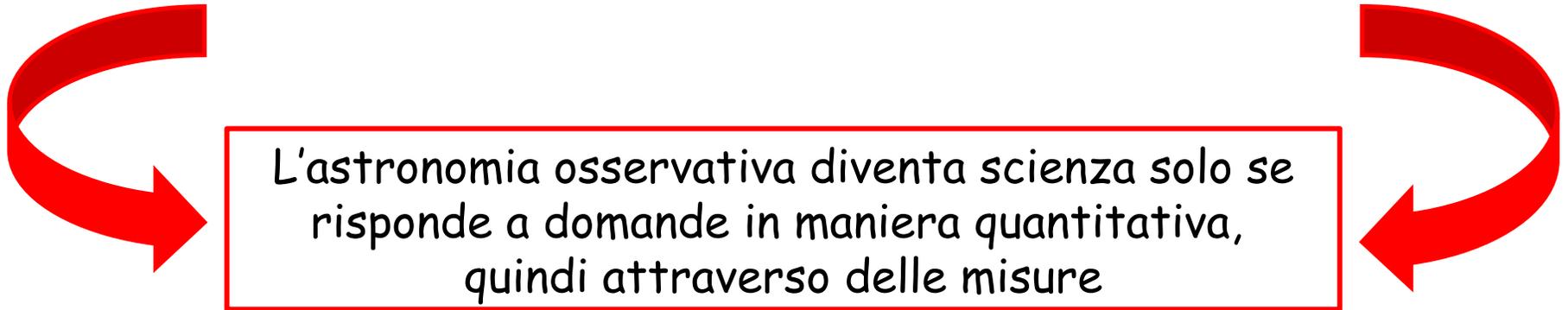


STELLE

L'astronomia e' visivamente affascinante

... ma per fare scienza ci serve qualcosa in piu' che una bella immagine.

Le immagini ci servono per una prima descrizione degli oggetti astrofisici (classificazione morfologica).



Cosa possiamo misurare con gli ammassi globulari?

Cerchiamo di fare la carta di identita' di un ammasso globulare ...

<p>Cognome..... M80</p> <p>Nome.....</p> <p>nato il.....</p> <p>(atto n..... P..... S.....)</p> <p>a..... (.....)</p> <p>Cittadinanza.....</p> <p>Residenza.....</p> <p>Via.....</p> <p>Stato civile.....</p> <p>Professione.....</p> <p>CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI</p> <p>Statura.....</p> <p>Capelli.....</p> <p>Occhi.....</p> <p>Segni particolari.....</p> <p>Ammasso Globulare</p>	 <p>Firma del titolare.....</p> <p>.....</p> <table border="1"><tr><td>Impronta del dito indice sinistro</td><td>IL SINDACO</td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table>	Impronta del dito indice sinistro	IL SINDACO		
Impronta del dito indice sinistro	IL SINDACO				
					

Cerchiamo di fare la carta di identità di un ammasso globulare ...

- ✓ Un aggregato di $10^4 - 10^6$ stelle
- ✓ Sono legate tra di loro ... dalla gravità

Cerchiamo di fare la carta di identità di un ammasso globulare ...

- ✓ Un aggregato di $10^4 - 10^6$ stelle
- ✓ Sono legate tra di loro ... dalla gravità
- ✓ Altissima densità, soprattutto al centro

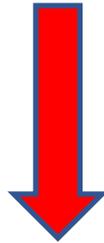
SOME LIKE IT DENSE



SOME LIKE IT DENSE

Forniamo qualche numero

$10^5 - 10^6$ stelle in un volume di 10-40 parsec di raggio.



Ci ricordiamo cos'è il parsec ?

È un'unità di misura per le distanze astronomiche...

1 parsec ~ 30 miliardi di km

1 parsec ~ 3 anni luce ... la luce impiega 3 anni a percorrere questa distanza

La luce ci impiega 8 minuti a percorrere la distanza Sole-Terra.

Quindi per dal centro dell'ammasso globulare per uscirne la luce deve fare un viaggio tra i 30 e i 100 anni

SOME LIKE IT DENSE

DENSITA' MEDIA $\sim 10 - 100 M_{\text{SUN}} / \text{pc}^3$

DENSITA' AL CENTRO $\sim 10^4 - 10^5 M_{\text{SUN}} / \text{pc}^3$

E' tanto? E' poco?

DENSITA' MEDIA
NEI DINTORNI SOLARI $\sim 0.08 M_{\text{SUN}} / \text{pc}^3$

Densita' elevatissima !!!

Il centro degli ammassi globulari sono le regioni piu' dense di stelle nell'Universo,
assieme al centro della nostra Galassia.

Questa elevata densita' pone un problema...

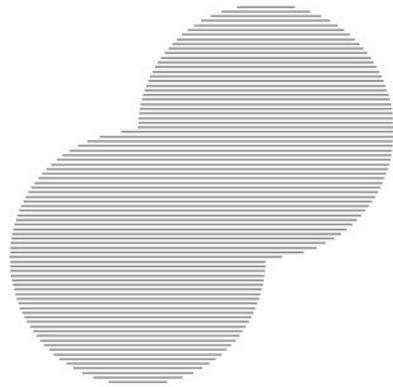
Come facciamo ad osservare le stelle al centro di un ammasso globulare?

Quando separiamo ("risolviamo") due stelle?

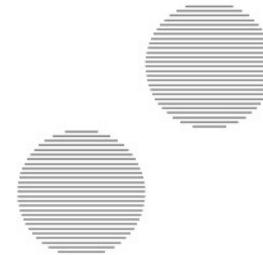
Dipende da quanto sono vicine tra loro (un bel problema nel centro degli ammassi globulari) e da quanto ci appaiono "grandi".

L'atmosfera terrestre "allarga" le stelle, appaiono piu' estese, quindi e' facile che non si possano separare da stelle vicine

DUE STELLE NON RISOLTE

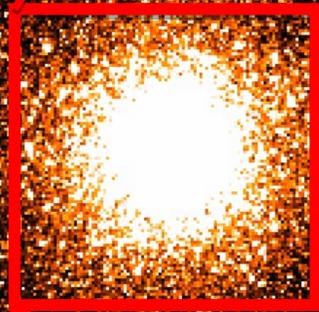


DUE STELLE RISOLTE



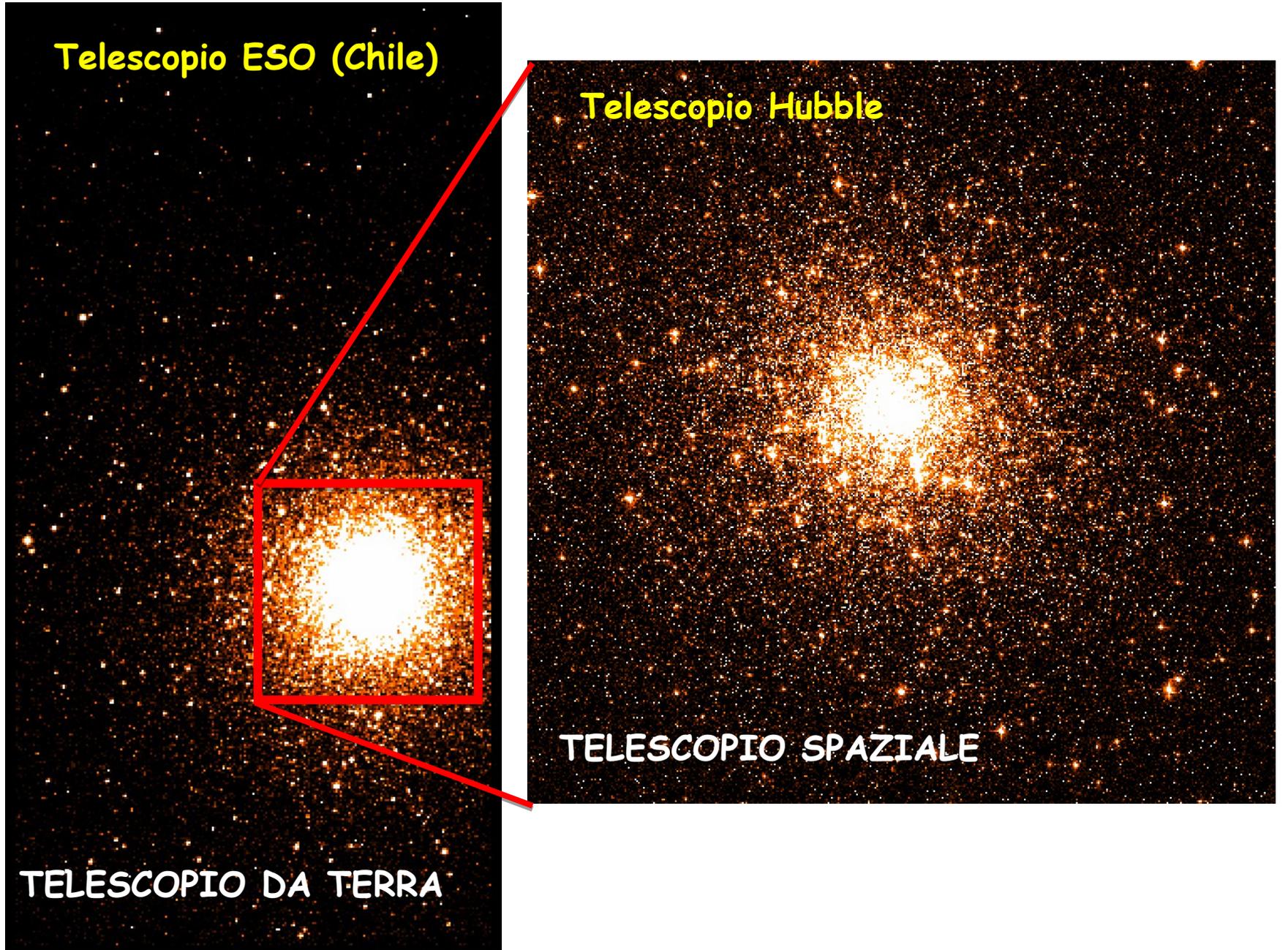
Telescopio ESO (Chile)

Telescopio Hubble

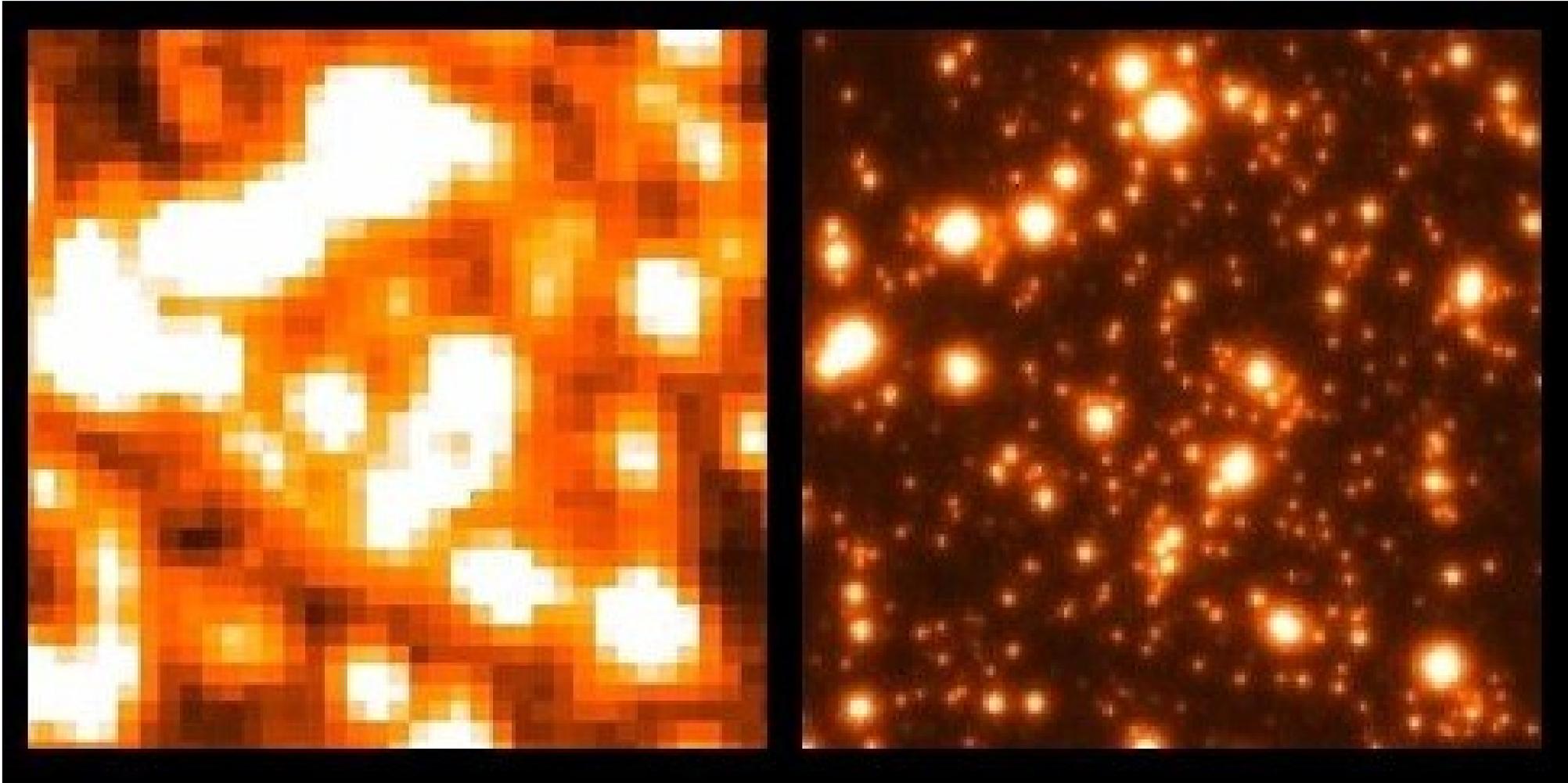


TELESCOPIO SPAZIALE

TELESCOPIO DA TERRA



Stessa regione dello spazio ma con diverso POTERE RISOLUTIVO



TELESCOPIO SPAZIALE HUBBLE

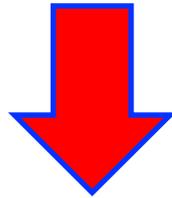


TELESCOPIO SPAZIALE JAMES WEBB



Cerchiamo di fare la carta di identita' di un ammasso globulare ...

- ✓ Un aggregato di 10^4 - 10^6 stelle
- ✓ Sono legate tra di loro ... dalla gravita'
- ✓ Altissima densita', soprattutto al centro
- ✓ Tutte le stelle si formano dalla stessa nube di gas



Tutto il gas della nube viene utilizzato per formare stelle
in un unico episodio di formazione stellare...

Tutte le stelle hanno la stessa eta'
e la stessa composizione chimica.

Cerchiamo di fare la carta di identita' di un ammasso globulare ...

- ✓ Un aggregato di $10^4 - 10^6$ stelle
- ✓ Sono legate tra di loro ... dalla gravita'
- ✓ Altissima densita', soprattutto al centro
- ✓ Tutte le stelle si formano dalla stessa nube di gas
- ✓ **Sono sistemi VECCHI !!!!**

Quanto vecchi? Immaginiamo di mettere la data di formazione degli ammassi globulari in un ideale calendario cosmico

Un calendario cosmico ... tutta la vita dell'Universo in un anno

- 1 anno ~ 13.5 miliardi di anni (e' tutta la vita dell'Universo)
- 1 mese ~1 miliardi di anni
- 1 settimana ~200 milioni di anni
- 1 giorno ~35 milioni di anni

Un calendario cosmico ... tutta la vita dell'Universo in un anno



Big Bang occurs.

Milky Way Galaxy forms.

Our solar system forms. Life on Earth begins.

Earth's atmosphere becomes oxygenated.

First complex life forms appear.

December						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19 Vertebrates appear.	20 Land plants appear.	21
22	23	24	25 Dinosaurs appear.	26 Mammals appear.	27	28
29	30 Dinosaurs become extinct.	31 Humans appear.				

Un calendario cosmico ... tutta la vita dell'Universo in un anno



Big Bang occurs.

Milky Way Galaxy forms.

Our solar system forms. Life on Earth begins.

Earth's atmosphere becomes oxygenated.

First complex life forms appear.

December						
1	2	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; text-align: center;"> <p>Gli ammassi globulari nascono una settimana dopo capodanno ... non oltre Febbraio</p> </div>				7
8	9					14
15	16	17	18	19 Vertebrates appear.	20 Land plants appear.	21
22	23	24	25 Dinosaurs appear.	26 Mammals appear.	27	28
29	30 Dinosaurs become extinct.	31 Humans appear.				

Ecco perche' gli ammassi globulari sono cosi importanti.

Sono tra i sistemi piu' antichi nell'Universo.

Non solo... sono i sistemi piu' antichi di cui possiamo stimare l'eta' facilmente.

ETA' ASSOLUTA



STIMA DELL'ETA' DELL'UNIVERSO

ETA' RELATIVA



TEMPO DI FORMAZIONE DELL'ALONE
DELLA NOSTRA GALASSIA

Ci serve un orologio per stimare l'età degli ammassi globulari

EVOLUZIONE STELLARE

Le proprietà delle stelle (come evolvono e in quanto tempo) ci offrono un orologio formidabile per datare questi sistemi

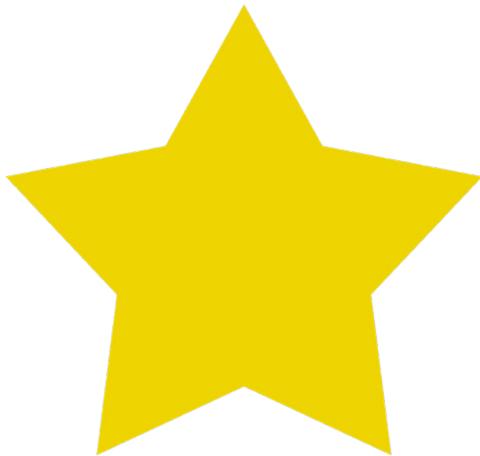
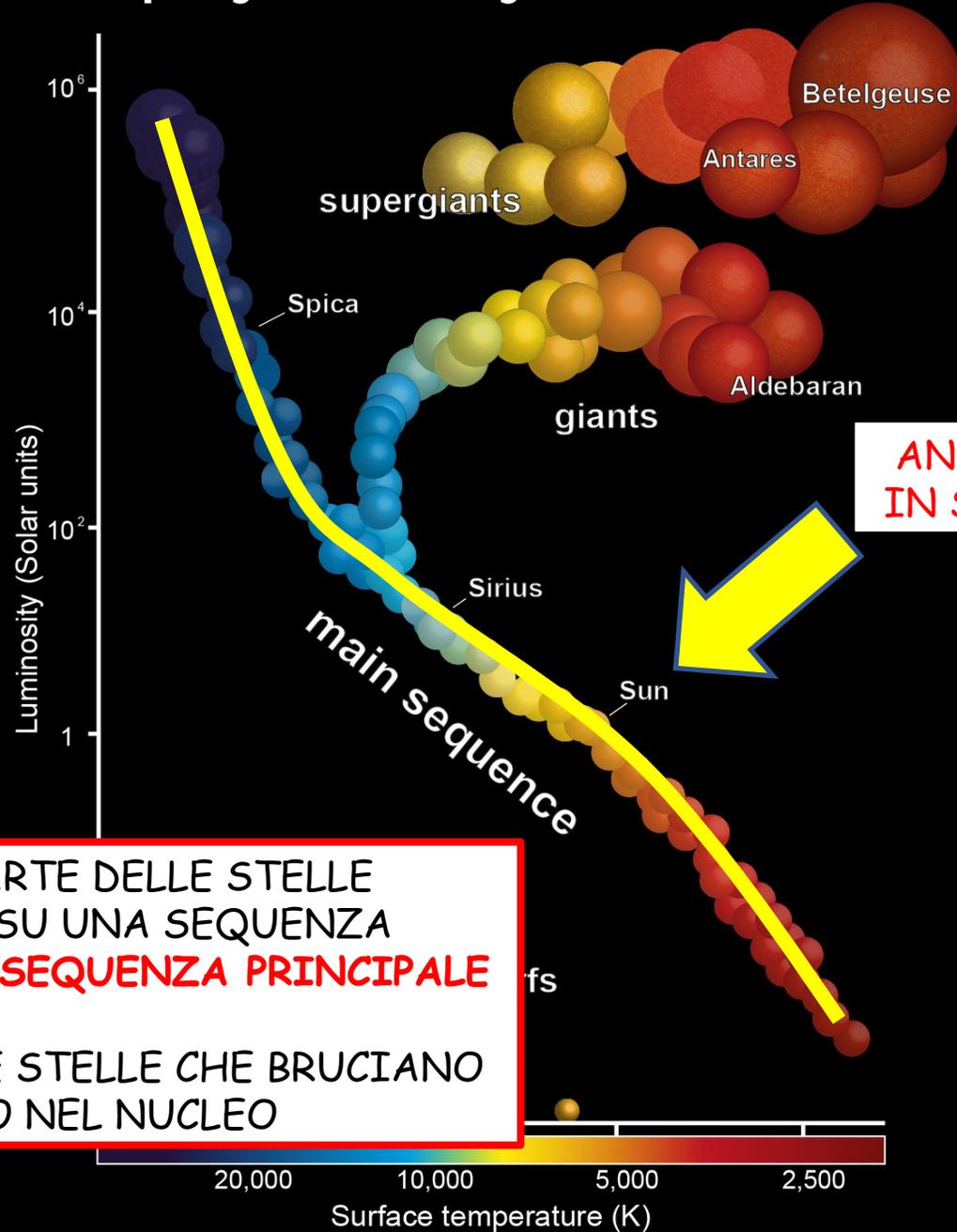


DIAGRAMMA HERTZSPRUNG-RUSSELL (HR)

E' un diagramma che mostra la luminosita' delle stelle (in ordinata) e la temperatura superficiale (in ascissa).

Se studiamo la temperatura superficiale e la luminosita' delle stelle, scopriamo che queste non si distribuiscono "a caso" in un diagramma temperatura-luminosita', ma occupano solo alcune zone particolari, dette "sequenze".

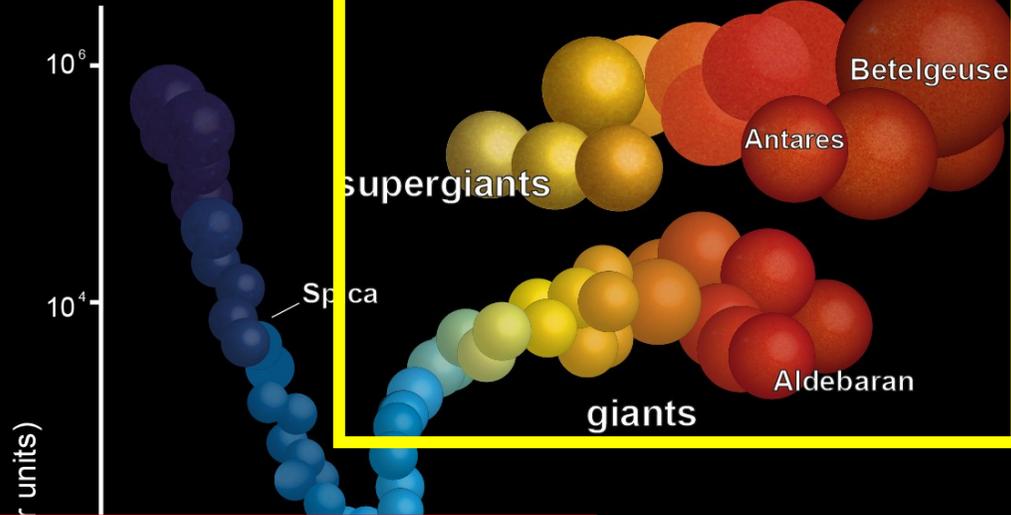
Hertzprung-Russell Diagram



ANCHE IL SOLE SI TROVA
IN SEQUENZA PRINCIPALE

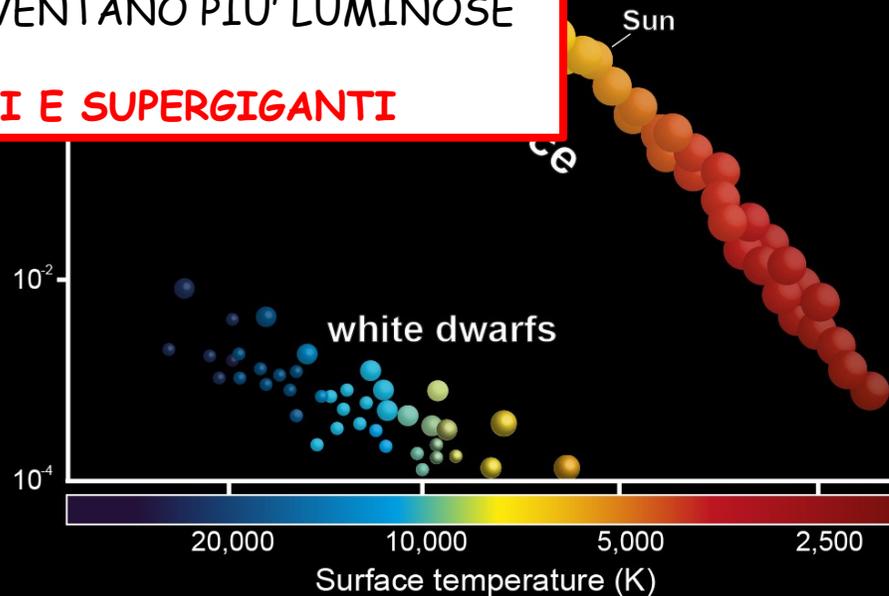
LA MAGGIOR PARTE DELLE STELLE
SI POSIZIONA SU UNA SEQUENZA
'DIAGONALE' DETTA **SEQUENZA PRINCIPALE**
QUI SI TROVANO LE STELLE CHE BRUCIANO
IDROGENO NEL NUCLEO

Hertzsprung-Russell Diagram

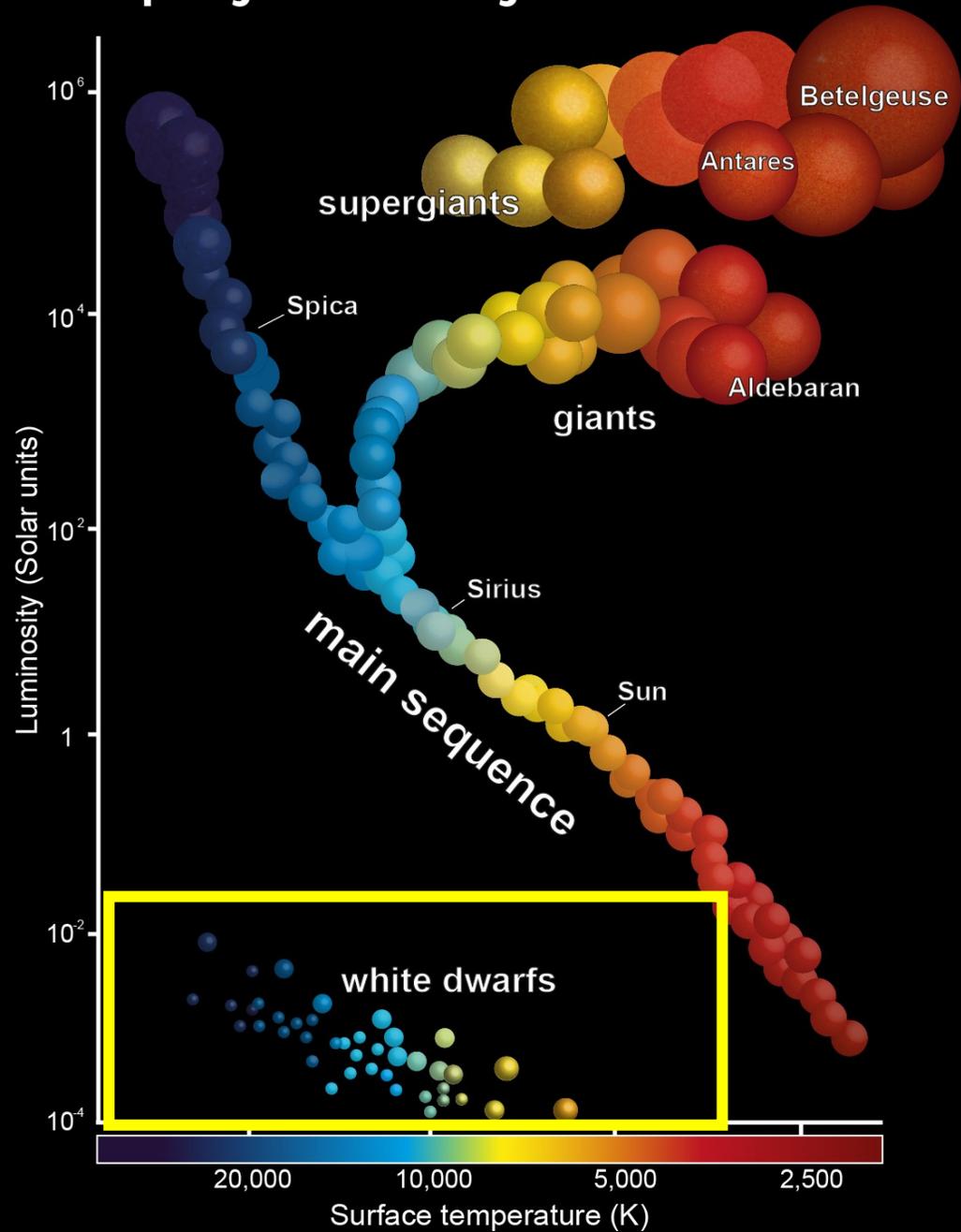


QUANDO LE STELLE TERMINANO LA FASE DI SEQUENZA PRINCIPALE (CHE RAPPRESENTA ~90% DELLA LORO VITA) SI GONFIANO, SI RAFFREDDANO, DIVENTANO PIU' LUMINOSE

STELLE GIGANTI E SUPERGIGANTI



Hertzsprung–Russell Diagram

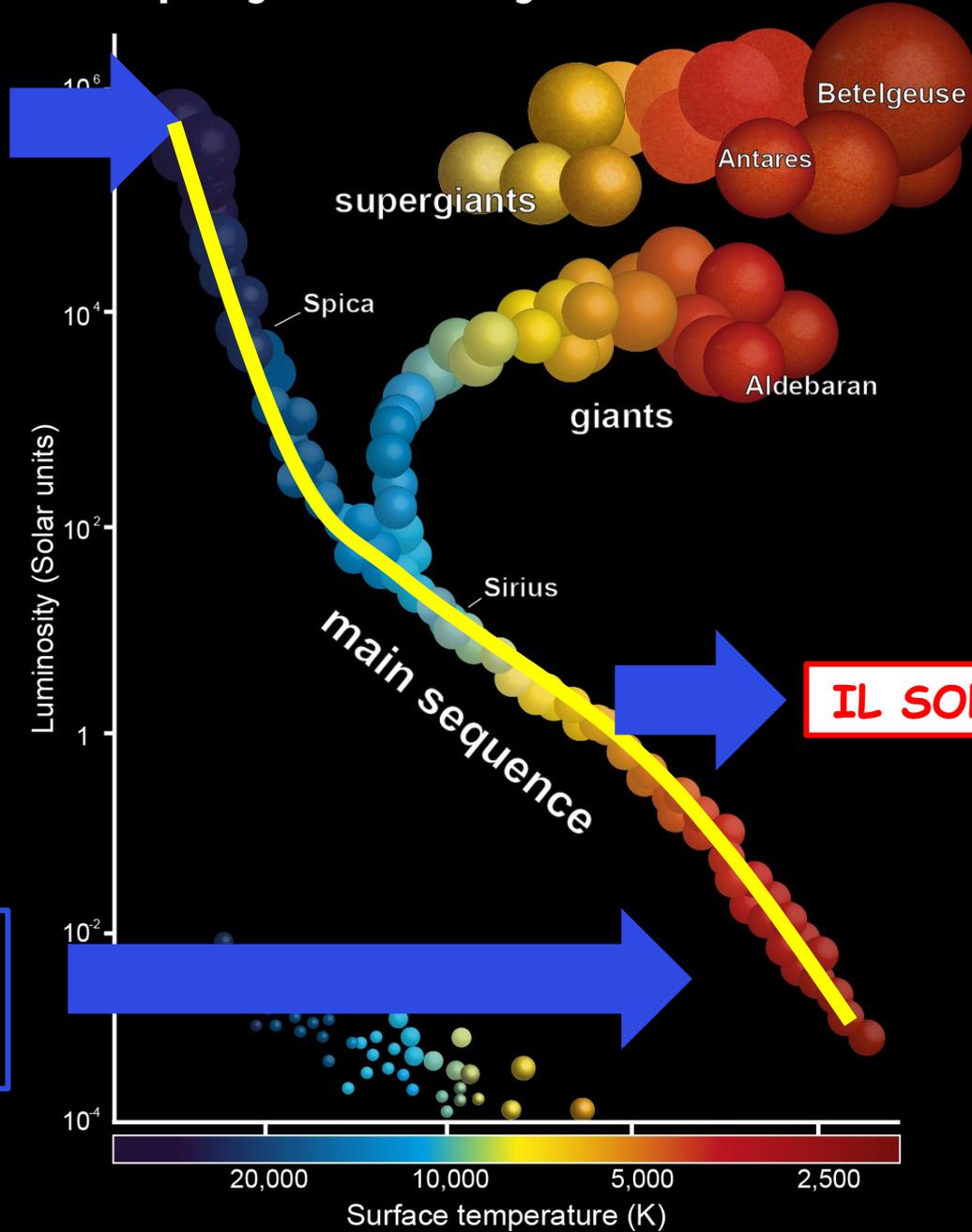


- La **massa** controlla la posizione di partenza di una stella sul diagramma HR lungo la Sequenza Principale.
- Se sappiamo la sua massa sappiamo la sua luminosità e la sua temperatura.

La Sequenza Principale è **una griglia di partenza**
dove le stelle si posizionano ordinatamente
in base alla loro massa.

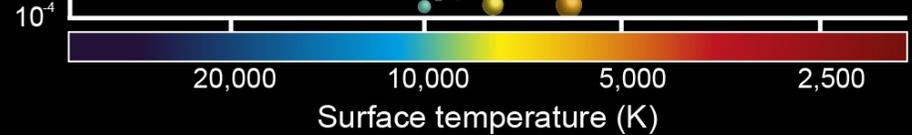
Hertzsprung-Russell Diagram

STELLA DI GRANDE MASSA

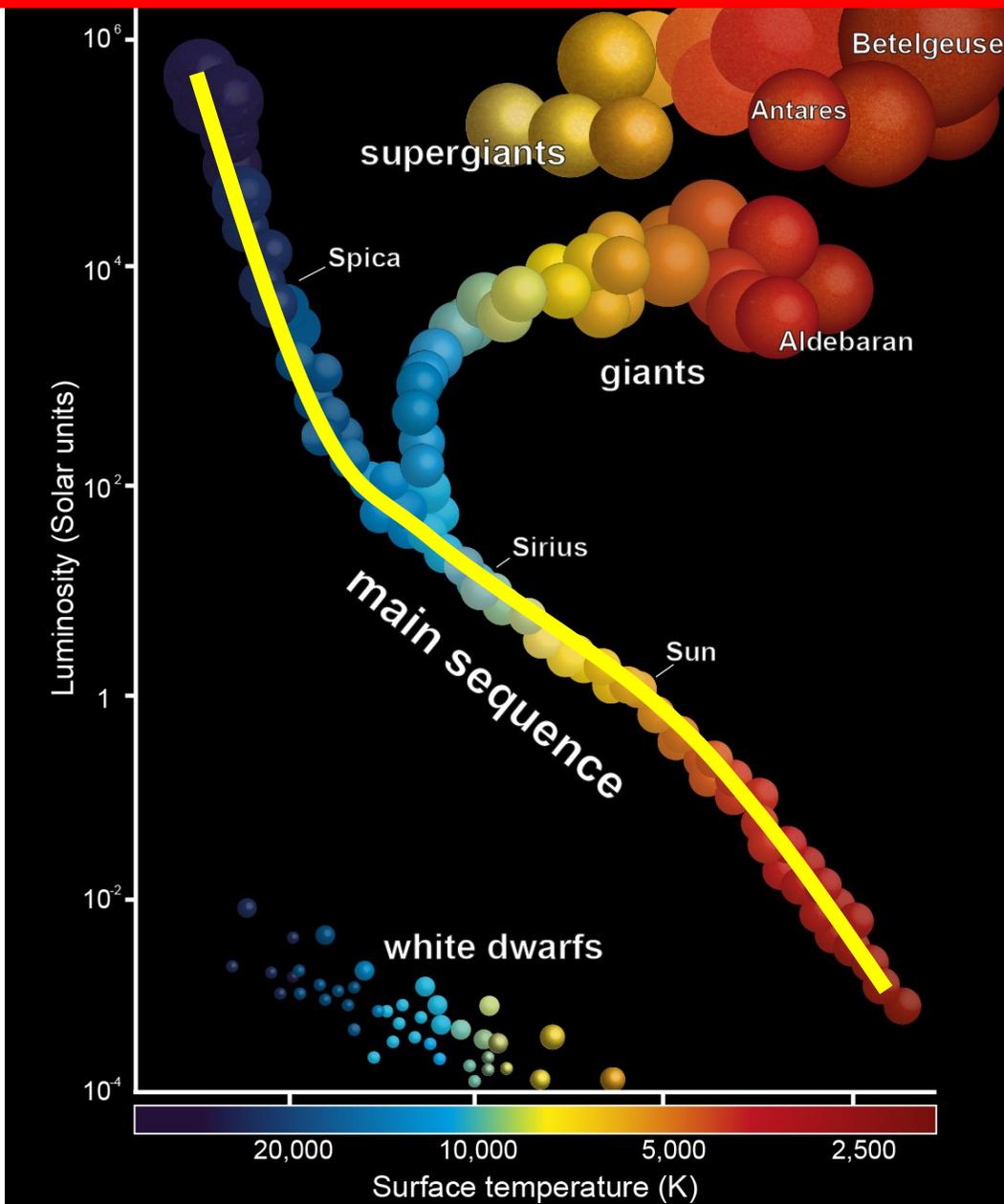


IL SOLE

STELLA DI PICCOLA SOLARE



LA MASSA DEFINISCE LA DURATA DELLA VITA DI UNA STELLA



La vita di una stella dipende dalla sua massa

STELLE PICCOLE
(COME IL SOLE)



- CONSUMANO POCO
- VIVONO A LUNGO
- MUOIONO COME "NANE BIANCHE"

STELLE GRANDI

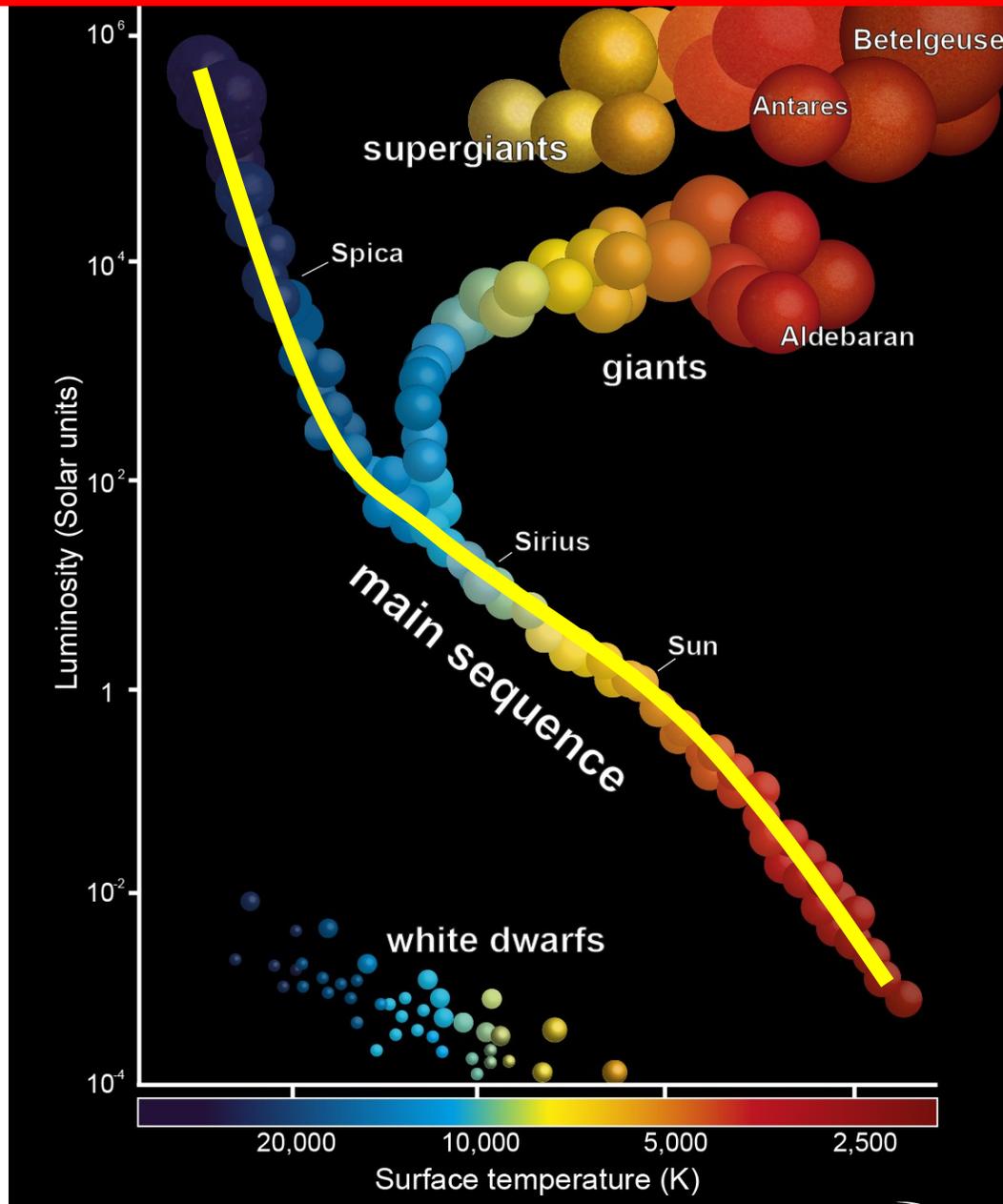


- CONSUMANO TANTO
- VIVONO POCO
- ESPLODONO COME SUPERNOVAE

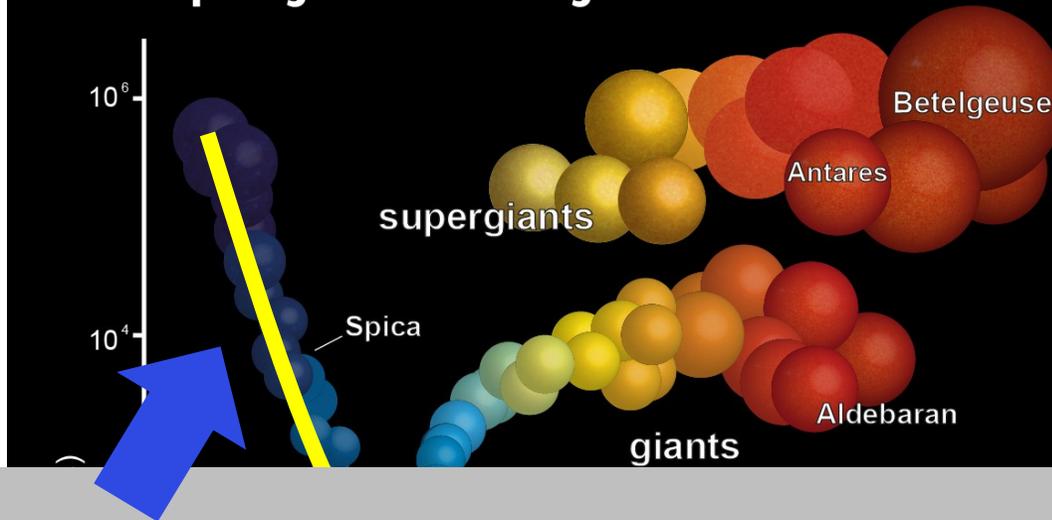
Le stelle trascorrono circa il 90% della loro vita durante la fase di Sequenza Principale.

- Stelle di grande massa ($> 10 M_{\text{SUN}}$) vivono meno di 10 milioni di anni
- Una stella come il Sole ha vita di ~ 10 miliardi di anni.
Il Sole ha un'età di circa 4.5 miliardi di anni: e' ancora in Sequenza Principale, sta ancora bruciando idrogeno al centro.
- L'Universo ha un'età di ~ 13.5 miliardi di anni.
Quali stelle vivono così a lungo? Quelle di $\sim 0.7-0.8 M_{\text{SUN}}$
- E quelle con massa inferiore?
Hanno vite più lunghe dell'età dell'Universo ...
non hanno ancora avuto tempo di evolvere e morire.

LA MASSA DEFINISCE LA MORTE DI UNA STELLA



Hertzsprung–Russell Diagram



STELLE CON MASSA MAGGIORE DI ~8 MASSE SOLARI

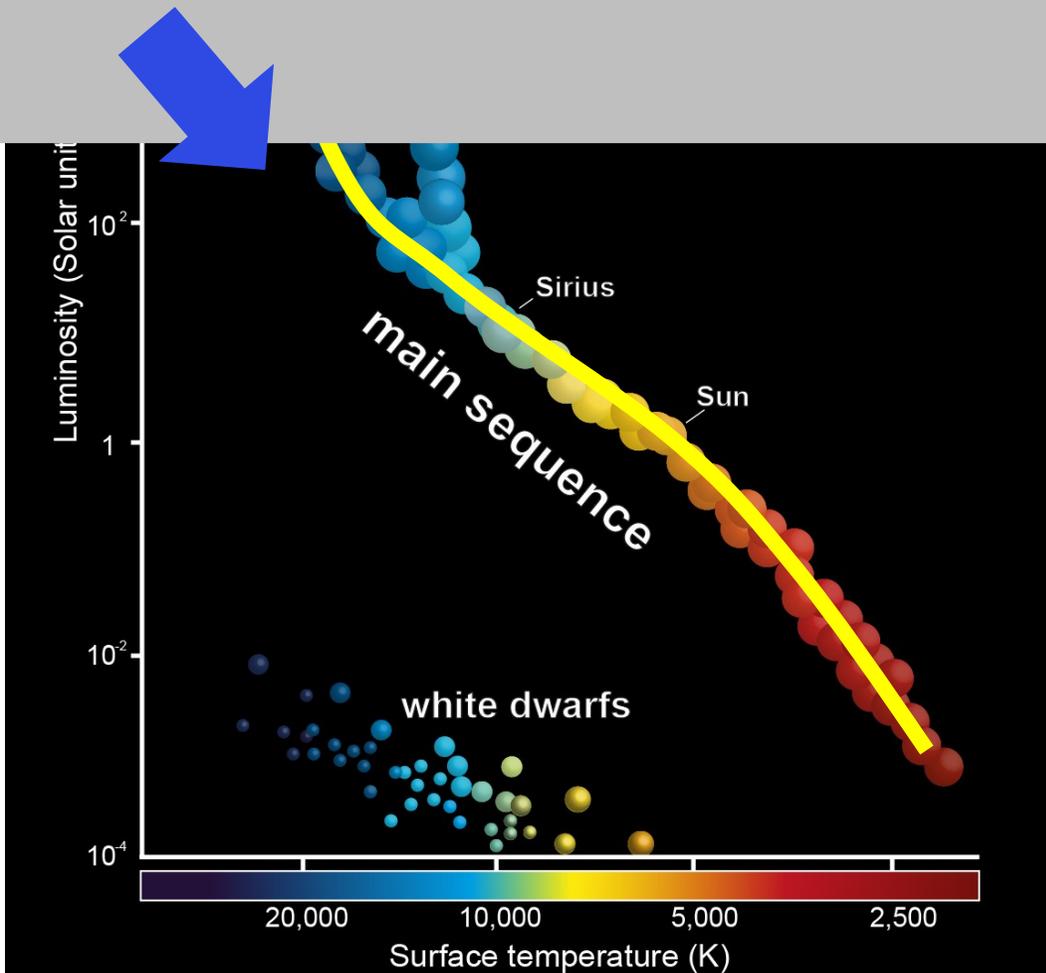
Esplodono come Supernovae.

Cosa rimane? Una stella di neutroni o un buco nero.

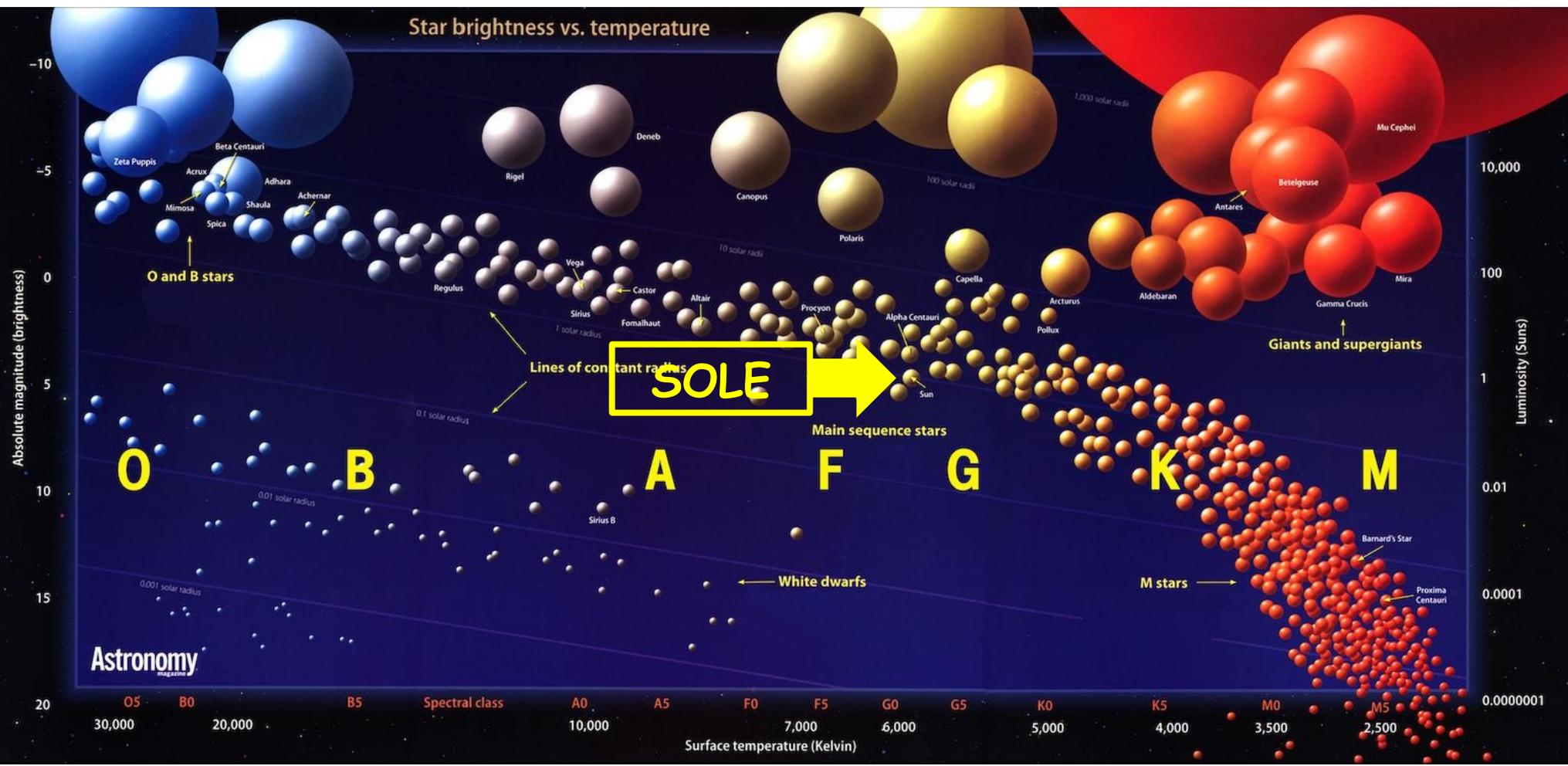
STELLE CON MASSA MINORE DI ~8 MASSE SOLARI

Si espandono e perdono lentamente il loro gas (le nebulose planetarie).

Cosa rimane? Una nana bianca.



STELLE DI GRANDE MASSA LE MENO COMUNI



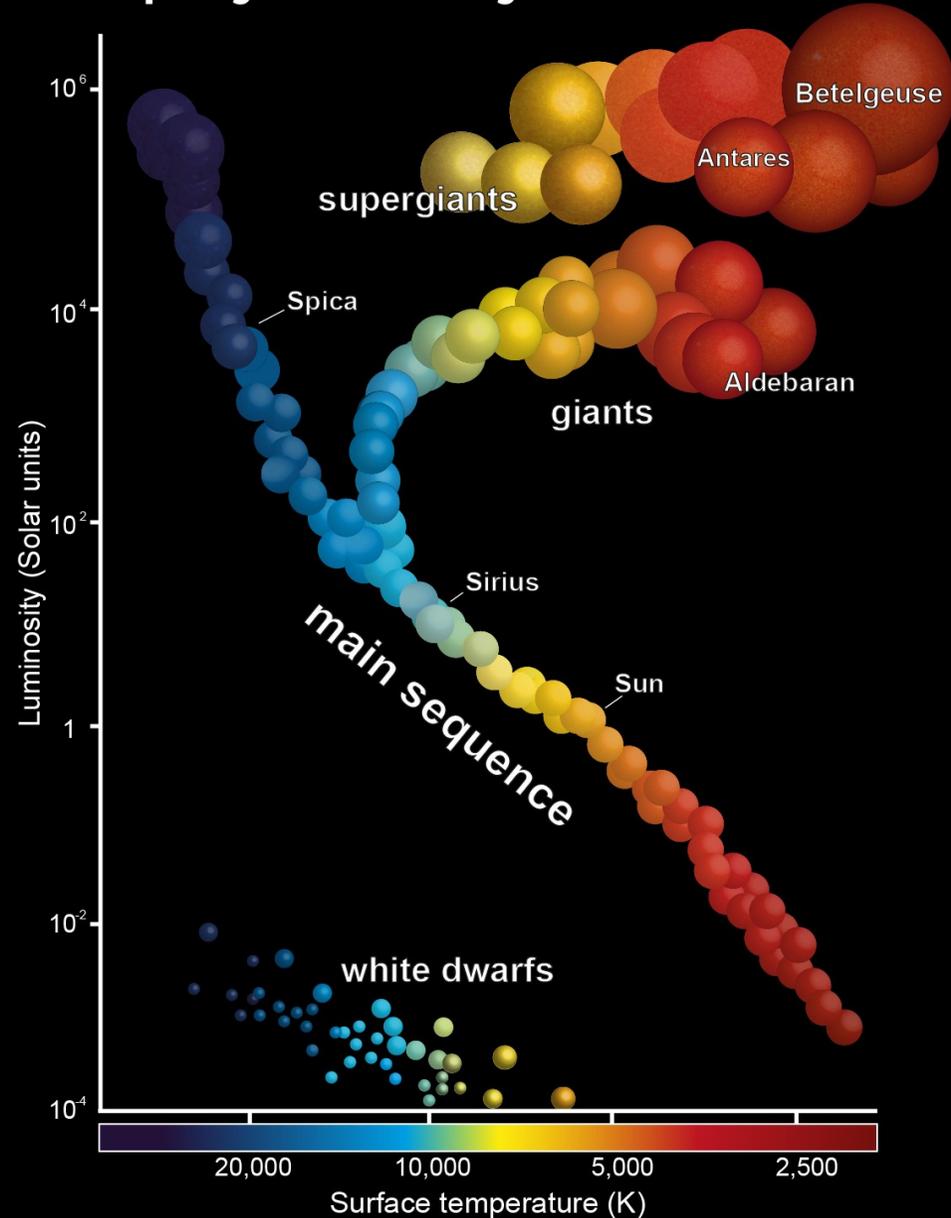
STELLE DI PICCOLA MASSA LE PIU' COMUNI

La Sequenza Principale e' come una "candela".
Man mano che le stelle evolvono, si consuma.

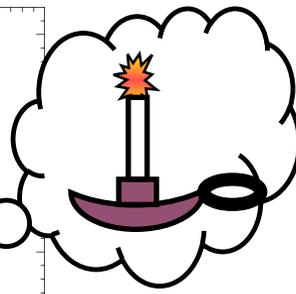
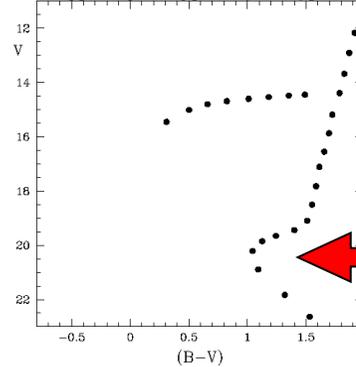
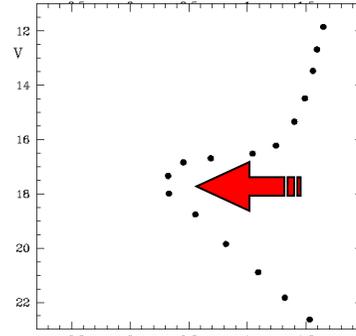
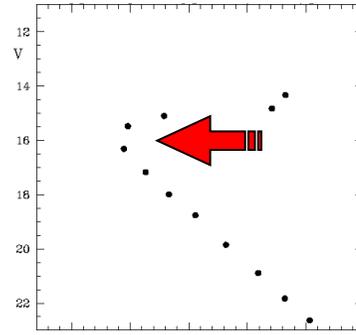
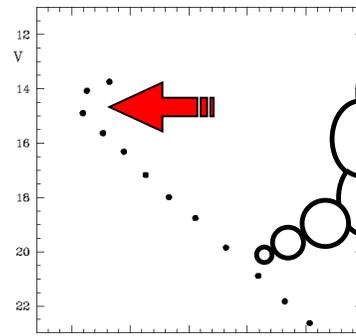
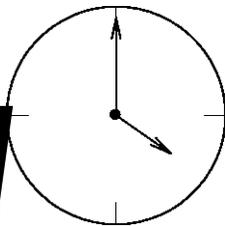
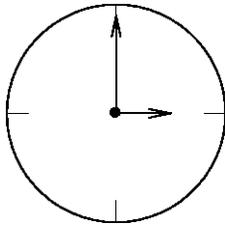
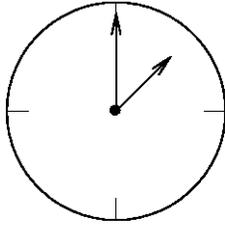
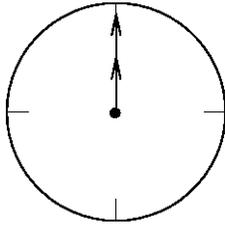
La luminosita' della sua parte terminale
diventa inferiore.

Questa parte temrinale e' detta **Turn-Off**
(e' il punto di svolta, le stelle poi si muovono
in un'altra regione del diagramma)

Hertzsprung–Russell Diagram



TEMPO

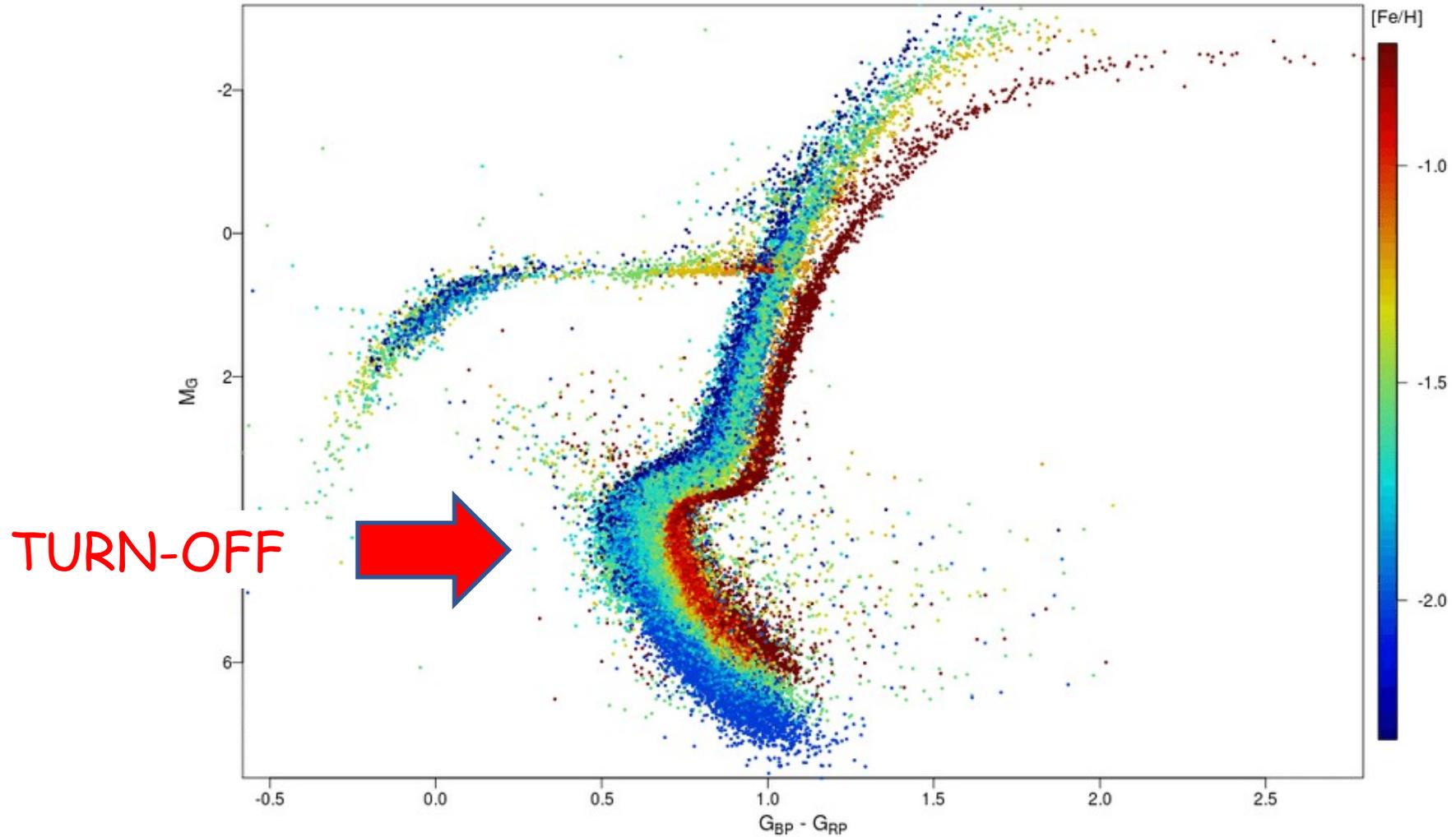


la Sequenza Principale si consuma col tempo come una candela

ABBIAMO TROVATO UN OROLOGIO PER MISURARE LO SCORRERE DEL TEMPO NELL'UNIVERSO

IL TURN-OFF E' LA LANCETTA DEL NOSTRO OROLOGIO

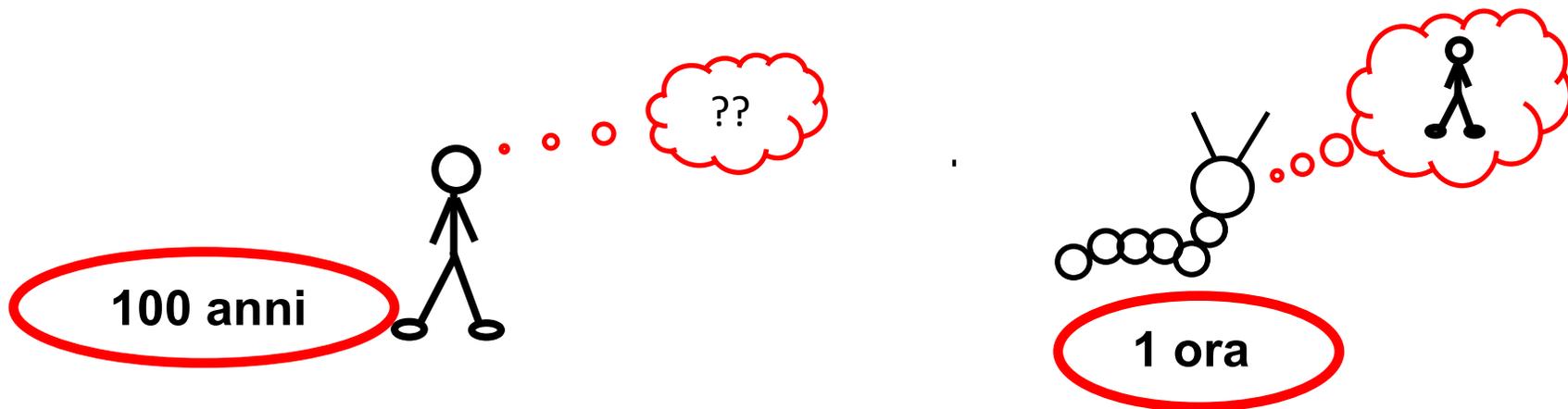
Vediamo il diagramma HR di diversi ammassi globulari della nostra Galassia

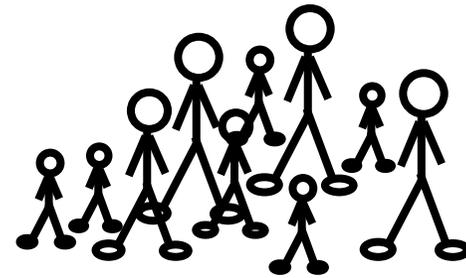
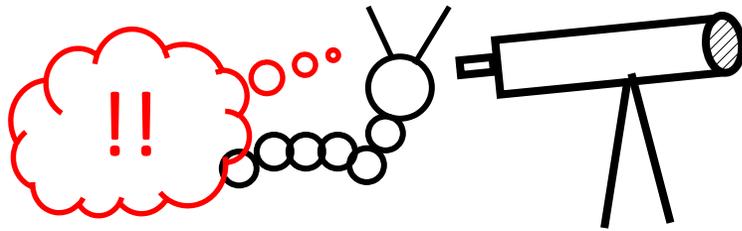
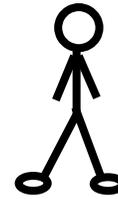
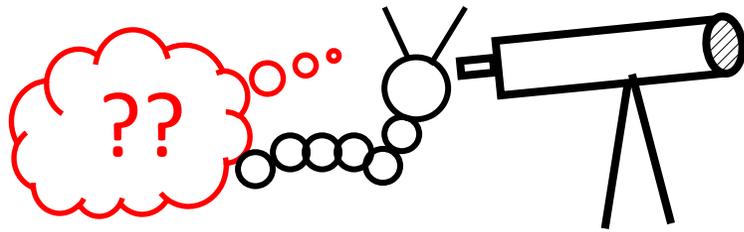


Una stella come il Sole vive circa 10 miliardi di anni

Una stella di 3 masse solari ... vive 600 milioni di anni

Una stella di 10 masse solari ... vive 30 milioni di anni



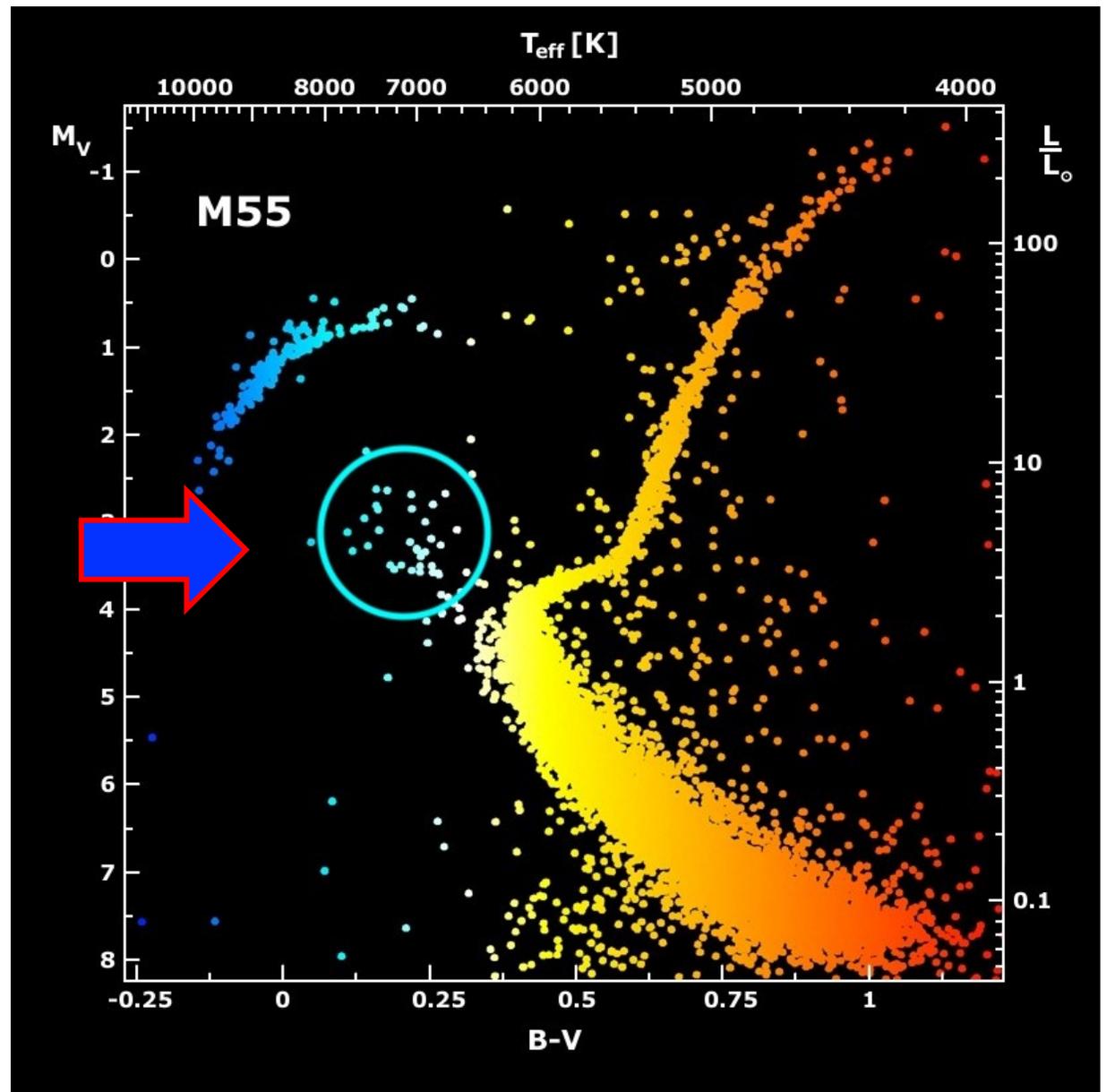


Ecco perche' gli ammassi globulari sono cosi importanti per stimare l'eta' dell'Universo e della nostra Galassia.

- Tantissime stelle
- Tutte nate con la stessa eta'
- La lancetta dell'orologio la leggiamo bene

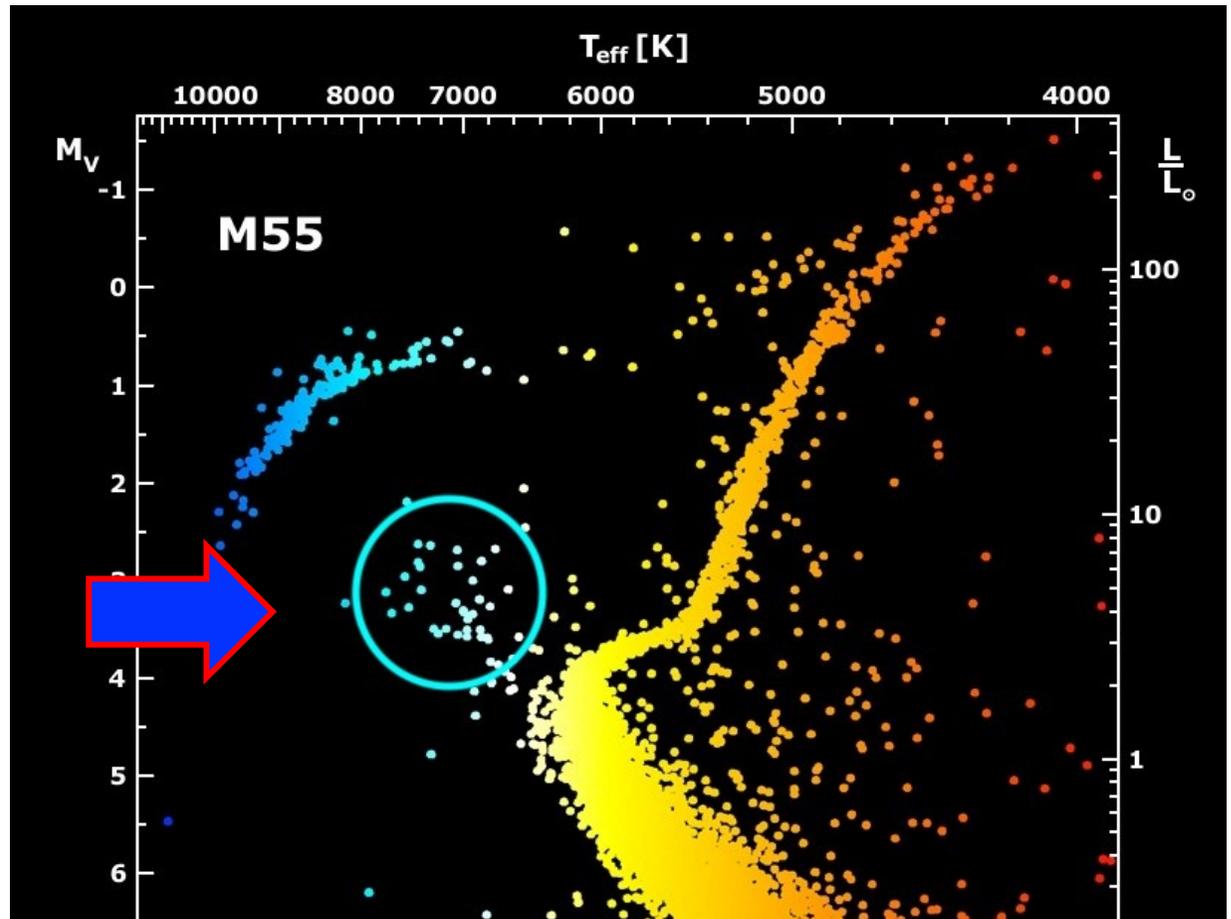
Ma c'e' una sorpresa negli ammassi globularari

BLUE STRAGGLER STARS
(vagabonde blu)



Ma c'e' una sorpresa negli ammassi globularari

BLUE STRAGGLER STARS
(vagabonde blue)



Sono stelle che sono piu brillanti e calde del Turn-Off

Si trovano oltre la fine della candela ...
Sono quindi piu' giovani? com'e' possibile?

Ma c'e' una sorpresa negli ammassi globulari

Sono il risultato dell'interazione tra stelle...

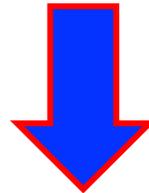
Ad esempio nel centro degli ammassi globulari le stelle sono molto vicine, spesso "collidono" fino a fondersi .

Ma c'e' una sorpresa negli ammassi globulari

Se "fondiamo" assieme due stelle, ne otteniamo una di massa piu' grande...

Ecco perche' queste stelle appaiono piu' "giovani" ...

SONO STELLE RINGIOVANITE



Le Blue Stragglers ci permettono di studiare come le stelle vivono in comunita' e quali effetti ha vivere in una comunita' cosi numerosa.

Gli ammassi globulari forniscono un'altra informazione importante su come era fatto il primo Universo.

LA COMPOSIZIONE CHIMICA

Tavola Periodica degli Elementi

1 IA																		Nuovo Originale																		18 VIIIA																																																																																																																																																																																																																																																																																															
1 H Idrogeno 1.00784																		2 He Elio 4.002602																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2 Li Litio 6.941																		4 Be Berillio 9.012182																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3 Na Sodio 22.989770																		12 Mg Magnesio 24.3050																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4 K Potassio 39.0983																		20 Ca Calcio 40.078																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5 Rb Rubidio 85.4678																		38 Sr Stronzio 87.62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6 Cs Cesio 132.90545																		56 Ba Bario 137.327																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7 Fr Francio (223)																		88 Ra RADIO (226)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
																		3 IIB																		4 IVB																		5 VB																		6 VIB																		7 VIIB																		8 VIII																		9 VIII																		10 VIII																		11 IB																		12 IIB																																																																																																																																															
19 Scandio 44.955910																		21 Scandio 44.955910																		22 Titanio 47.867																		23 Vanadio 50.9415																		24 Cromo 51.9961																		25 Manganese 54.938049																		26 Ferro 55.845																		27 Cobalto 58.933200																		28 Nichel 58.6934																		29 Rame 63.546																		30 Zinco 65.409																		31 Gallio 69.723																		32 Germanio 72.64																		33 Arsenico 74.92160																		34 Selenio 78.96																		35 Bromo 79.904																		36 Kriptone 83.798																																			
37 Yttrio 88.90585																		39 Yttrio 88.90585																		40 Zirconio 91.224																		41 Niobio 92.90638																		42 Molibdeno 95.94																		43 Tecnecio (98)																		44 Rutenio 101.07																		45 Rodio 102.90550																		46 Palladio 106.42																		47 Argento 107.8682																		48 Cadmio 112.411																		49 Indio 114.818																		50 Stagno 118.710																		51 Antimonio 121.750																		52 Tellurio 127.60																		53 Iodio 126.90447																		54 Xenone 131.293																																			
55 Cesio 132.90545																		56 Bario 137.327																		57 to 71																		72 Hafnio 178.49																		73 Tantalio 180.9479																		74 Tungsteno 183.84																		75 Renio 186.207																		76 Osmio 190.23																		77 Iridio 192.217																		78 Platino 195.078																		79 Oro 196.96655																		80 Mercurio 200.59																		81 Tallio 204.3833																		82 Piombo 207.2																		83 Bismuto 208.98038																		84 Polonio (209)																		85 Astatio (210)																		86 Radone (222)																	
87 Francio (223)																		88 RADIO (226)																		89 to 103																		104 Rutherfordio (261)																		105 Dubnio (262)																		106 Seaborgio (266)																		107 Bohrio (264)																		108 Hassio (269)																		109 Meitnerio (268)																		110 Darmstadtio (271)																		111 Roentgenio (272)																		112 Ununbio (285)																		113 Ununtrio (284)																		114 Ununquadio (289)																		115 Ununpentio (288)																		116 Ununhexio (282)																		117 Ununseptio (289)																		118 Ununoctio (289)																	

Le masse atomiche tra sono quelle degli isotopi più stabili o più comuni.

Design Copyright © 1997 Michael Dayak (michael@dayak.com) http://www.dayak.com/periodic/

Nota: il sotto gruppo dei numeri 1-18 è stato adottato nel 1984 dalla International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). I nomi degli elementi 112-118 sono gli equivalenti latini di quei nomi.

57 La Lantanio 138.9055																		58 Ce Cerio 140.116																		59 Pr Praseodimio 140.90765																		60 Nd Neodimio 144.24																		61 Pm Promezio (145)																		62 Sm Samarco 151.96																		63 Eu Europio 151.964																		64 Gd Gadolino 157.25																		65 Tb Terbio 158.92534																		66 Dy Disprosio 162.500																		67 Ho Olimio 164.93032																		68 Er Erbio 167.259																		69 Tm Tulio 168.93421																		70 Yb Itrio 173.04																		71 Lu Lutezio 174.967																	
89 Ac Attinio (227)																		90 Th Torio 232.0381																		91 Pa Protattinio 231.03688																		92 U Uranio 238.02891																		93 Np Nettunio (237)																		94 Pu Plutonio (244)																		95 Am Americio (243)																		96 Cm Curio (247)																		97 Bk Berkelio (247)																		98 Cf Californio (251)																		99 Es Einsteinio (252)																		100 Fm Fermio (257)																		101 Md Mendelevio (258)																		102 No Nobelio (259)																		103 Lr Lawenzio (262)																	

Tavola Periodica degli Elementi

The image shows a simplified periodic table with the following elements and their properties:

1 IA H Idrogeno 1.00784	Nuovo Originale	2 IIA	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA He Elio 4.002602
3 Li Litio 6.941								

Legend:

- Metalli alcalini (Orange)
- Metalli alcalino terrosi (Yellow)
- Metalli del blocco d (Pink)
- Lantanidi (Light Orange)
- Attinidi (Purple)
- Metalli del blocco p (Teal)
- Nonmetalli (Green)
- Gas nobili (Light Blue)
- C** Solidi (White)
- Br** Liquidi (Green)
- H** Gas (Red)
- Tc** Artificiali (Black)

All'inizio dell'Universo la tavola periodica era decisamente piu' semplice da imparare... solo H , He e Li

E gli altri elementi ???

I metalli sono costruiti al centro delle stelle ...
Quando le stelle muoiono disperdono questi metalli.
Da questo gas "ricco di metalli" nascono nuove stelle.

TEMPO

BIG BANG



PRIME STELLE



SUPERNOVAE



NUOVE STELLE



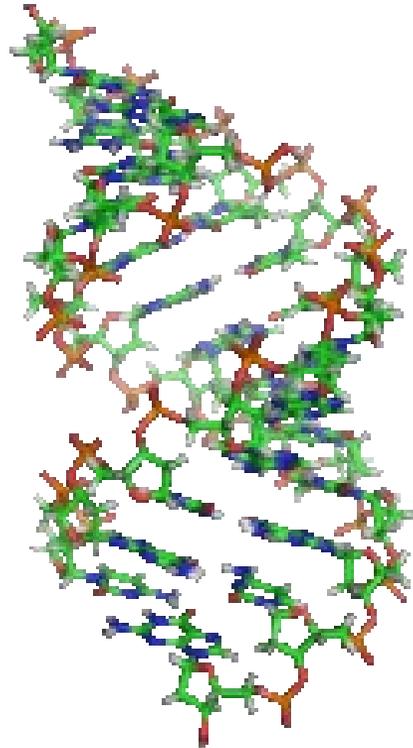
Queste non hanno
metalli ma ne creano
al loro interno

Nascono con metalli

LA CHIMICA DELLE STELLE E' COME IL DNA.

DALLA CHIMICA DELLE STELLE IMPARIAMO COME ERANO FATTE LE STELLE PRECEDENTI (OGGI GIA' MORTE).

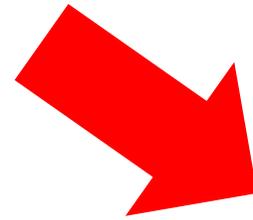
POSSIAMO COSTRUIRE **L'ALBERO GENEALOGICO** DELLA NOSTRA GALASSIA.



Ma gli ammassi globulari ci parlano anche della storia delle galassie in cui si trovano ...

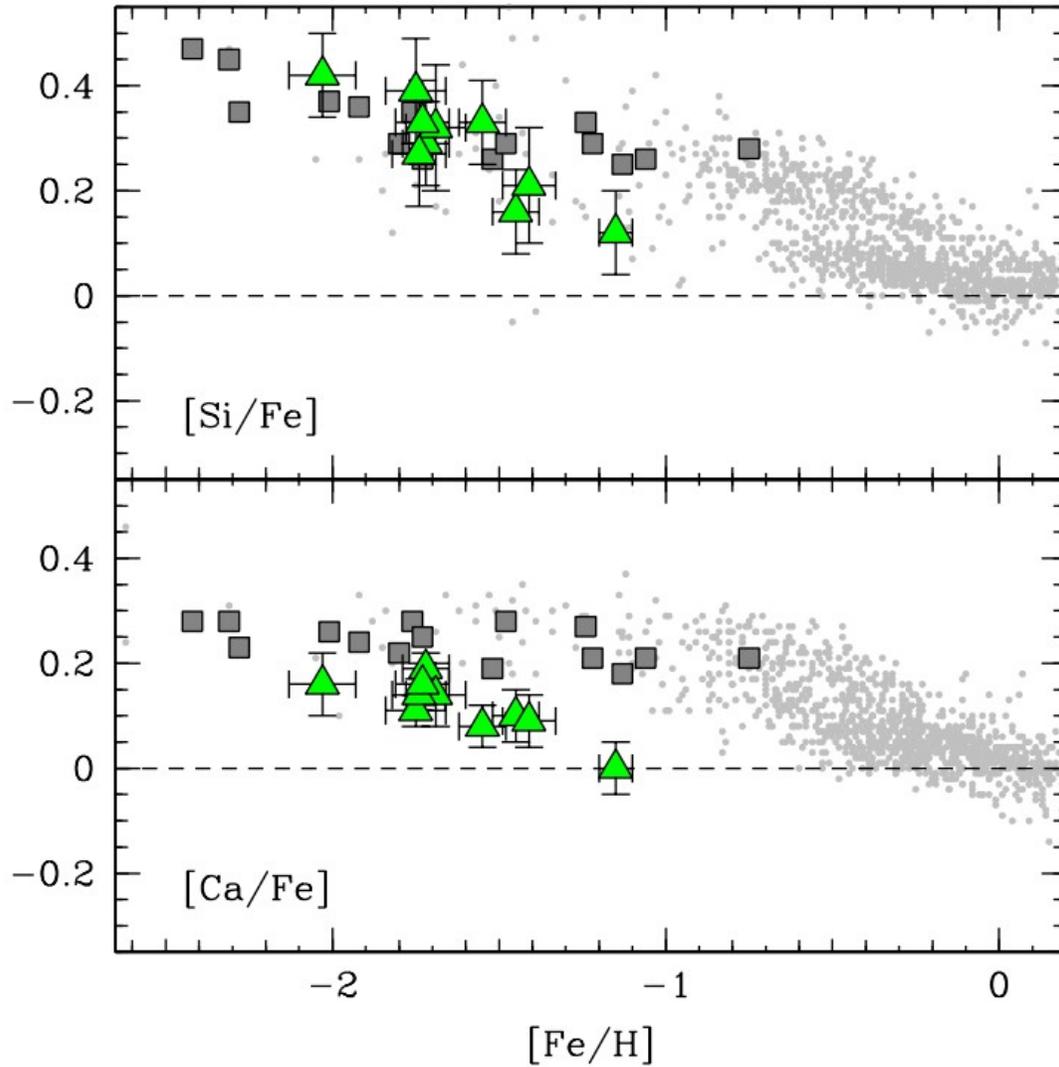
LA GRANDE NUBE DI MAGELLANO

Galassia satellite della Milky Way
(per vederla dovete andare nell'emisfero australe)

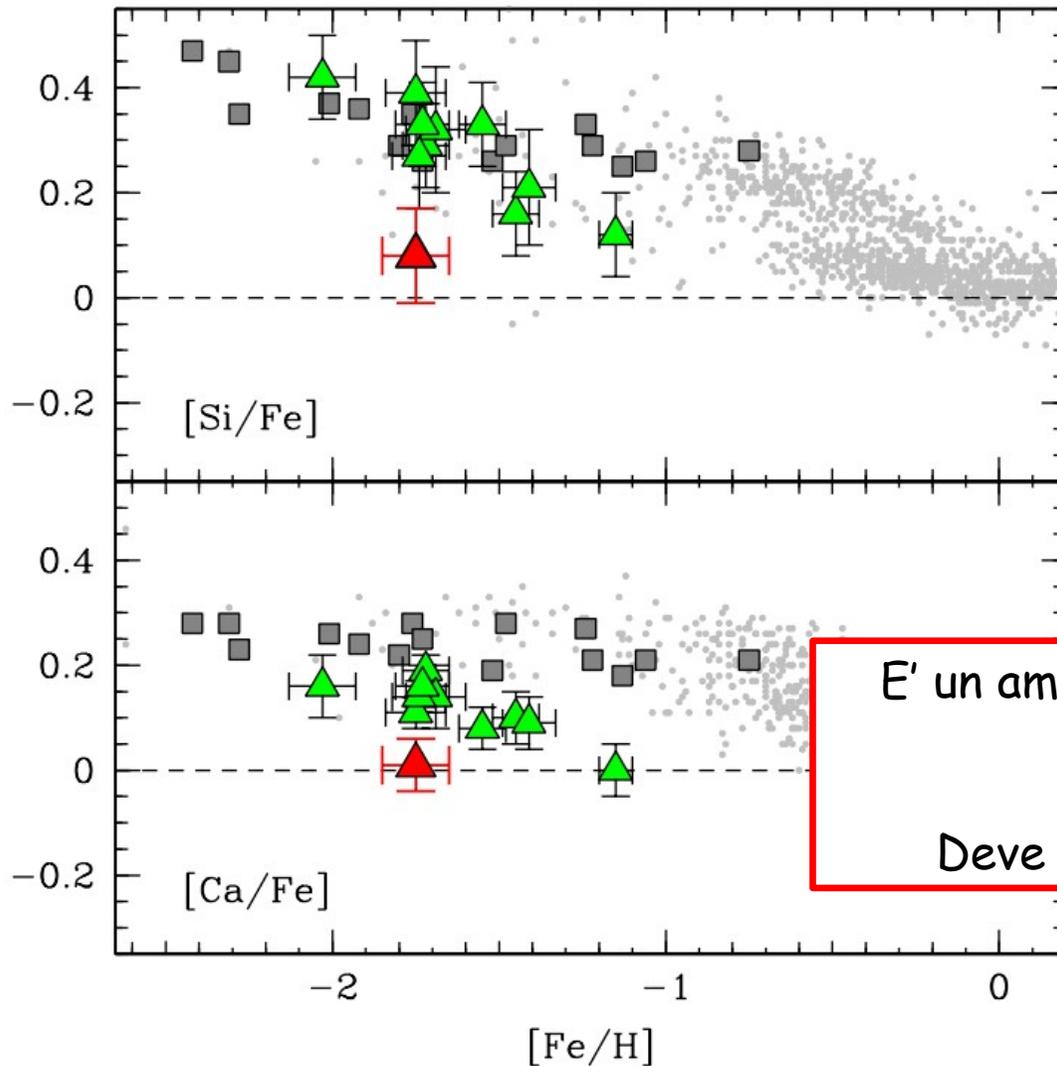


- Ammassi globulari della Grande Nube di Magellano

- Ammassi globulari della nostra Galassia



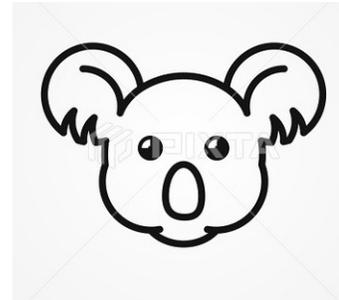
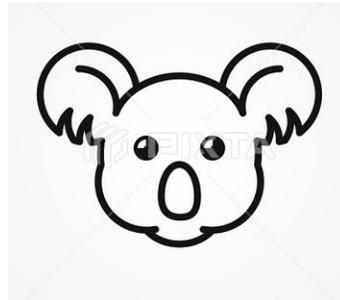
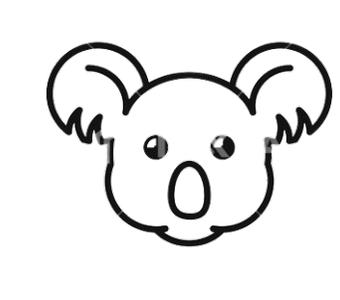
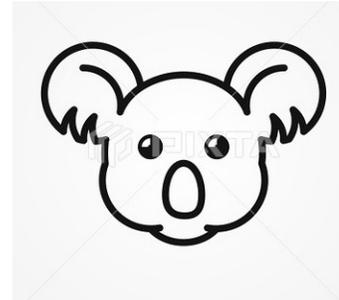
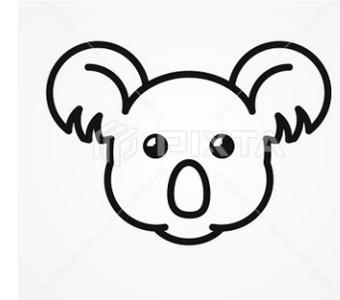
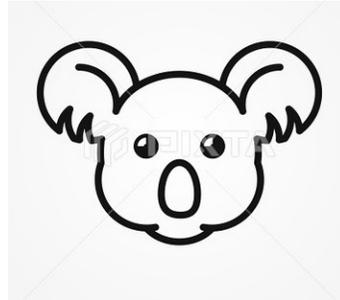
Una sorpresa Un ammasso (NGC 2005) chimicamente diverso dai suoi fratelli della Grande Nube di Magellano



E' un ammasso che ha un DNA chimico diverso dai suoi fratelli.

Deve essere nato in una famiglia diversa.

Immaginiamo di guardare una famiglia di koala, tutti simili ...
ma uno e' di colore diverso.
Cosa concludiamo?





NGC 2005

Un ammasso nato in una galassia diversa che e'
stata "mangiata" dalla Grande Nube di Magellano

E' un processo che incontriamo spesso nell'Universo, lo chiamiamo "**merging gerarchico**"
... le grandi galassie si formano inglobando galassie piu' piccole



ATTENZIONE !!!!
E' questo il modo con cui si e formata anche la nostra Galassia,
"mangiando" galassie piu' piccole.

The End